壳聚糖对14～70日龄扬州鹅生长性能、屠宰性能、脏器指数及血清生化指标的影响

赵　悦　盛东峰　杨海明　胥　蕾　李彦品　王志跃*

（扬州大学动物科学与技术学院，扬州　225009）

摘　要：本试验旨在研究饲粮中添加不同水平壳聚糖对14～70日龄扬州鹅生长性能、屠宰性能、脏器指数及血清生化指标的影响，以确定鹅饲粮中壳聚糖适宜添加水平。选取360只14日龄健康、体重相近的扬州鹅公鹅，随机分为5个组，每组6个重复，每个重复12只鹅。对照组饲喂基础饲粮，试验组分别饲喂在基础饲粮中添加250、500、1 000和2 000 mg/kg壳聚糖的试验饲粮。试验期56 d。结果表明，与对照组相比：1）饲粮添加500 mg/kg壳聚糖显著提高了42、56和70日龄鹅体重及14～70日龄平均日采食量、平均日增重（$P<0.05$），显著降低了14～70日龄料重比（$P<0.05$）。2）饲粮添加250、500、1 000和2 000 mg/kg壳聚糖显著降低了鹅腹脂率（$P<0.05$）。3）饲粮添加500 mg/kg壳聚糖显著提高了鹅心脏指数、肝脏指数、脾脏指数、空肠指数、回肠指数和盲肠指数（$P<0.05$）。4）饲粮添加500 mg/kg壳聚糖显著提高了鹅血清球蛋白、葡萄糖含量（$P<0.05$），显著降低了血清碱性磷酸酶活性（$P<0.05$）；饲粮添加250、500、1 000mg/kg壳聚糖显著降低了血清中甘油三酯、总胆固醇含量（$P<0.05$）。由此可知，饲粮中添加壳聚糖可以改善扬州鹅生长性能，对其屠宰性能、脏器指数和血清生化指标有一定影响。在生产实践中，扬州鹅饲粮中壳聚糖添加500 mg/kg效果最佳。

关键词：壳聚糖；鹅；生长性能；屠宰性能；脏器指数；血清生化指标[1]

中图分类号：S835　　　　文献标识码：　　　　文章编号：

壳聚糖作为一种新型绿色饲料添加剂，可有效降低饲料中抗营养因子的含量，不仅具有促进养分消化利用的作用，还能抗氧化、抑菌、提高免疫性能，并增进机体新陈代谢，促进蛋白质合成，从而促进动物生长，提高生长性能[1-2]。Tarasewicz等[3]对5周龄鹌鹑进行对比试验，对照组饲喂基础饲粮，试验组每1.2 kg饲粮添加5.2 mL壳聚糖，结果表明试验组的增重和饲料利用率分别提高了5.0%和6.7%，提高了产蛋量、饲料转化率、成活率和孵化率。

收稿日期：2016-11-11

基金项目：国家现代农业产业技术体系（CARS-43-27）；江苏省农业三新工程项目（SXGC[2016]323）

作者简介：赵　悦（1991-），女，河南商丘人，硕士研究生，从事家禽营养与生产研究。E-mail: 1464002089@qq.com

*通信作者：王志跃，教授，博士生导师，E-mail: dkwzy@263.net

研究认为，壳聚糖可减缓应激，促进胃肠道蠕动，增强胃蛋白酶活性，提高饲粮中蛋白质消化率，同时增加小肠微绒毛高度，密度加大，使小肠吸收面积扩大，有利于营养物质吸收，进而达到促生长的作用。王秀武等[4]在仔猪的饲粮中添加 200 mg/kg 壳聚糖可显著降低仔猪死亡率，同时显著提高仔猪日增重。但目前有关壳聚糖在鹅上的研究鲜有报道。扬州鹅属中型鹅种，早期生长快，耐粗饲，适应性强，本试验旨在研究饲粮中添加不同水平的壳聚糖对扬州鹅生长性能、屠宰性能、脏器指数及血清生化指标的影响，从而探讨在扬州鹅饲粮中壳聚糖的适宜添加水平，以期为肉鹅生产实践中科学利用壳聚糖提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用壳聚糖采购于济南海得贝海洋生物工程有限公司，壳聚糖外观为原白色，无毒、无味、半透明、粉末状，脱乙酰度>95.38%，粒度 0.178 mm，黏度 50 mPa s，水分含量<7%。

试验动物为 14 日龄扬州鹅公鹅，购自扬州市扬州鹅种鹅场。

1.2 试验设计和饲粮

选用同一批出雏、健康、体重相近的 14 日龄扬州鹅公鹅 360 只，用脚号标记，采用单因子试验设计，随机分成 5 组，每组 6 个重复，每个重复 12 只。对照组（Ⅰ组）饲喂基础饲粮，试验组（Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组）分别在基础饲粮中添加 250、500、1 000 和 2 000 mg/kg 壳聚糖。试验期从仔鹅 14～70 日龄，共 56 d，整个饲养期间自由采食和饮水，自然光照。其他饲养管理按常规进行，保持舍内清洁卫生，通风良好，每日观察记录鹅群状况，做好记录。

基础饲粮的配制主要参考 NRC（1994）及本教研室多年相关研究成果[5-6]。以玉米、豆粕为基础原料，饲粮配制前测定各种原料代谢能值以及粗蛋白质、粗纤维含量等，基础饲粮组成及营养水平见表 1、表 2。

表 1　14～28 日龄基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet during 14 to 28 days of age (air-dry basis)　　%

原料 Ingredients	含量 Content	营养水平 Nutrient levels[2)]	含量 Content
玉米 Corn	61.55	代谢能 ME/(MJ/kg)	11.20
豆粕 Soybean meal	29.55	粗蛋白质 CP	18.71
稻壳 Rice hull	4.95	粗纤维 CF	4.89
石粉 Limestone	1.25	钙 Ca	0.95
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.25	总磷 TP	0.64
食盐 NaCl	0.30	赖氨酸 Lys	0.97
蛋氨酸 Methionine	0.15	蛋氨酸 Met	0.43
预混料 Premix[1)]	1.00		
合计 Total	100.00		

[1)]预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet：VA 1 200 IU，VD　400 IU，VE 1 800 IU，VK 150 mg，VB_1 90 mg，VB_2 800 mg，VB_6 320 mg，VB_{12} 1.2 mg，烟酸 nicotinic acid 4.5 g，泛酸 pantothenic acid 1 100 mg，叶酸 folic acid 65 mg，生物素 biotin 5 mg，胆碱 choline 45 mg，Fe (as ferrous sulfate) 6 g，Cu (as copper sulfate) 1 g，Mn (as manganese sulfate) 9.5 g，Zn (as zinc sulfate) 9 g，I (as potassium iodide) 50 mg，Se (as sodium selenite) 30 mg。

[2)] 营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated values.

表 2　29～70 日龄基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 2　Composition and nutrient levels of the basal diet during 29 to 70 days of age (air-dry basis)　　%

原料 Ingredients	含量 Content	营养水平 Nutrient levels[2)]	含量 Content
玉米 Corn	63.00	代谢能 ME/(MJ/kg)	11.14
豆粕 Soybean meal	25.25	粗蛋白质 CP	16.91
稻壳 Silkworm excrement	8.10	粗纤维 CF	6.02
石粉 Rice hull	1.00	钙 Ca	0.86
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.25	总磷 TP	0.63
食盐 NaCl	0.30	赖氨酸 Lys	0.89
蛋氨酸 Methionine	0.10	蛋氨酸 Met	0.36
预混料 Premix[1)]	1.00		
合计 Total	100.00		

1) 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet：VA 1 200 IU，VD 400 IU，VE 1 800 IU，VK 150 mg，VB_1 60 mg，VB_2 600 mg，VB_6 200 mg，VB_{12} 1 mg，烟酸 nicotinic acid 3 g，泛酸 pantothenic acid 900 mg，叶酸 folic acid 50 mg，生物素 biotin 4 mg，胆碱 choline 35 mg，Fe (as ferrous sulfate) 6 g，Cu (as copper sulfate) 1 g，Mn (as manganese sulfate) 9.5 g，Zn (as zinc sulfate) 9 g，I (as potassium iodide) 50 mg，Se (as sodium selenite) 30 mg。

2) 营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated values.

1.3 测定指标和方法

1.3.1 生长性能

分别对 14、28、42、56 和 70 日龄鹅逐只称取空腹体重（停饲 6 h）。统计各组试验鹅的日采食量及增重情况，计算平均日采食量（ADFI）、平均日增重（ADG）和料重比（F/G）。

1.3.2 屠宰性能

饲养试验结束时（70 日龄末），鹅停饲 6 h 后称量体重，屠宰放血拔毛，测定屠体重、半净膛重、全净膛重、胸肌重、腿肌重、腹脂重，并计算屠宰率、半净膛率、全净膛率、胸肌率、腿肌率、腹脂率。参照 NY/T 823—2004《家禽生产生产性能名词术语和度量统计方法》[7]进行测定。

1.3.3 脏器指数

屠宰放血取心脏、肝脏（去胆囊）、肌胃（去内容物）、腺胃、脾脏、法氏囊和各段肠道（剔除肠道上的脂肪组织以及肠道内容物）分别称重，并计算脏器指数。计算公式如下：

$$脏器指数=[器官重量（g）/宰前活重（g）]\times 100。$$

1.3.4 血清生化指标

血清中总蛋白（TP）、球蛋白（GLB）、葡萄糖（GLU）、尿酸（UA）、尿素氮（UN）、甘油三酯（TG）、总胆固醇（TC）含量及谷草转氨酶（AST）、碱性磷酸酶（ALP）活性采用 Unicel Dxc 800 Synchron 全自动生化分析系统（Beckman Coulter，美国）测定。

1.4 数据分析

试验数据采用 Excel 软件整理，利用 SPSS 17.0 统计软件中单因素方差分析（one-way ANOVA）模块进行单因素方差分析，采用 Duncan 氏多重比较法进行显著性检验，并用平均值±标准差表示，$P<0.05$ 作为差异显著性判断标准。

2 结果与分析

2.1 不同水平壳聚糖对 14～70 日龄鹅生长性能的影响

由表 3 可见，饲粮中添加不同水平壳聚糖对 42、56、70 日龄鹅体重有一定的影响。42 日龄时，III组体重显著高于Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ、Ⅴ组（*P*<0.05），同时，Ⅱ、Ⅳ组体重显著高于Ⅰ、Ⅴ组。56 日龄时，Ⅱ、III组体重显著高于Ⅰ、Ⅳ、Ⅴ组（*P*<0.05），Ⅰ和Ⅳ组体重显著高于Ⅴ组（*P*<0.05）。70 日龄时，III组体重显著高于Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ、Ⅴ组（*P*<0.05），Ⅱ组体重高于Ⅰ、Ⅳ、Ⅴ组（*P*<0.05）。各组 14、28 日龄体重无显著差异（*P*＞0.05）。这表明饲粮中添加 250～1 000 mg/kg 壳聚糖可促进仔鹅生长发育，尤以 500 mg/kg 效果最显著，但饲粮中添加 2 000 mg/kg 壳聚糖抑制仔鹅生长。

表 3　不同水平壳聚糖对 14～70 日龄鹅体重的影响

Table 3　Effects of different levels of chitosanon on body weight of geese during 14 to 70 days of age　g

日龄 Days of age	组别 Groups				
	I	II	III	Ⅳ	V
14	413.47±7.33	413.69±8.98	413.19±12.20	412.50±10.87	413.89±9.44
28	1 080.00±22.07	1 083.50±26.46	1 087.33±24.88	1 088.33±21.65	1 085.83±22.56
42	1 810.33±47.95^{c}	1 860.67±40.39^{b}	1 894.07±40.82^{a}	1 854.17±43.25^{b}	1 813.17±44.82^{c}
56	2 658.00±68.31^{b}	2 844.50±73.60^{a}	2 837.83±76.12^{a}	2 649.33±71.65^{b}	2 606.33±70.55^{c}
70	3 399.83±61.02^{c}	3 471.83±66.92^{b}	3 530.50±62.58^{a}	3 410.83±60.25^{c}	3 409.83±61.61^{c}

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05），相同或无字母表示差异不显著（*P*>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05). The same as below.

由表 4 可知，饲粮中添加不同水平壳聚糖对鹅的 ADFI、ADG、F/G 有一定影响。14～28 日龄时，III组 ADFI 显著高于Ⅰ、Ⅱ、Ⅴ组（*P*<0.05）。29～70 日龄时，III组 ADFI 显著高于Ⅰ、Ⅴ组（*P*<0.05），III组 ADG 显著高于Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ、Ⅴ组（*P*<0.05），Ⅱ组 ADG 显著高于Ⅰ、Ⅳ、Ⅴ组（*P*<0.05），III组 F/G 显著低于Ⅰ、Ⅳ、Ⅴ组（*P*<0.05）。14～70 日龄时，III组 ADFI、ADG 显著高于Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ、Ⅴ组（*P*<0.05），同时，III组 F/G 显著低于Ⅰ、Ⅳ、Ⅴ组（*P*<0.05）。

从仔鹅生长全期看，添加不同水平壳聚糖对 14～70 日龄仔鹅生长性能有一定影响，在 250～500 mg/kg 内，ADFI、ADG 有上升趋势，F/G 逐渐降低；在 1 000～2 000 mg/kg 内，ADFI、ADG 有下降趋势，F/G 逐渐升高。

表 4　不同水平壳聚糖对 14～70 日龄鹅平均日采食量、平均日增重和料重比的影响

Table 4　Effects of different levels of chitosanon on ADFI, ADG and F/G of geese during 14 to 70 days of age

日龄 Days of age	项目 Items	组别 Groups				
		I	II	III	IV	V
14～28	平均日采食量 ADFI/g	99.53±4.51^{b}	101.11±3.21^{b}	105.94±2.04^{a}	102.51±2.92^{ab}	101.40±2.18^{b}
	平均日增重 ADG/g	46.96±2.11	48.31±3.50	48.34±2.51	48.64±2.37	47.72±2.60
	料重比 F/G	2.13±0.19	2.09±0.18	2.19±0.08	2.11±0.13	2.13±0.09
29～70	平均日采食量 ADFI/g	235.25±4.51^{b}	237.57±4.70^{ab}	239.63±4.54^{a}	236.46±4.69^{ab}	234.86±4.79^{b}
	平均日增重 ADG/g	55.43±1.13^{c}	56.86±2.17^{b}	58.17±2.54^{a}	55.30±1.07^{c}	55.33±1.24^{c}
	料重比 F/G	4.24±0.07^{ab}	4.16±0.05^{bc}	4.12±0.06^{c}	4.28±0.04^{a}	4.24±0.07^{ab}
14～70	平均日采食量 ADFI/g	219.06±2.22^{c}	222.27±2.22^{b}	225.09±1.10^{a}	219.44±0.98^{c}	218.70±1.3^{c}
	平均日增重 ADG/g	53.49±0.15^{c}	54.60±0.34^{b}	55.67±0.19^{a}	53.54±0.29^{c}	53.50±0.31^{c}
	料重比 F/G	4.10±0.05^{a}	4.07±0.03^{ab}	4.04±0.03^{b}	4.10±0.04^{a}	4.09±0.02^{a}

2.2　不同水平壳聚糖对 70 日龄鹅屠宰性能的影响

由表 5 可知，Ⅰ组腹脂率显著高于Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组（*P*<0.05）。各组间屠体率、半净膛率、全净膛率、胸肌率、腿肌率均差异不显著（*P*>0.05）。从屠宰性能看，饲粮添加壳聚糖可降低 70 日龄鹅腹脂率。

表 5　不同水平壳聚糖对 70 日龄鹅屠宰性能的影响

Table 5　Effects of different levels of chitosanon on slaughter performance of geese at 70 days of age　　%

项目 Items	组别 Groups				
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
屠宰率 Dressing percentage	88.15±0.80	87.35±0.79	88.01±1.06	87.35±0.85	87.34±1.04
半净膛率 Percentage of half-eviscerated yield	78.37±1.03	78.03±0.81	78.43±0.99	78.18±1.02	78.52±1.09
全净膛率 Percentage of eviscerated yield	70.43±0.85	70.76±0.32	70.72±1.09	70.57±1.00	70.99±0.70
胸肌率 Percentage of breast muscle	9.02±0.42	9.14±0.54	9.16±0.60	9.04±0.45	9.09±0.65
腿肌率 Percentage of leg muscle	15.00±0.63	14.72±0.49	14.82±0.40	14.86±0.42	15.00±0.58
腹脂率 Percentage of abdominal fat	3.66±0.27^{a}	2.68±0.15^{b}	2.70±0.09^{b}	2.72±0.17^{b}	2.86±0.06^{b}

2.3　不同水平壳聚糖对 70 日龄鹅脏器指数的影响

由表 6 可知，饲粮添加不同水平壳聚糖对鹅内脏器官有不同程度影响。Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ组心脏指数显著高于Ⅰ、Ⅴ组（*P*<0.05）。Ⅲ组肝脏指数显著高于Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ、Ⅴ组（*P*<0.05）。Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ组脾脏指数显著高于Ⅰ、Ⅴ组（*P*<0.05）。Ⅲ组肌胃指数显著高于Ⅴ组（*P*<0.05）。Ⅲ组空肠指数显著高于Ⅰ、Ⅳ、Ⅴ组（*P*<0.05）。Ⅲ组回肠、盲肠指数显著高于Ⅰ组（*P*<0.05）。总体来看，壳聚糖添加水平为 500 mg/kg 时对仔鹅内脏器官影响最显著。

表 6　不同水平壳聚糖对 70 日龄鹅脏器指数的影响

Table 6　Effects of different levels of chitosanon on viscera indices of geese at 70 days of age　　%

项目 Items	组别 Groups				
	I	II	III	IV	V
心脏指数 Heart index	0.54±0.01^{b}	0.56±0.01^{a}	0.57±0.02^{a}	0.56±0.02^{a}	0.53±0.02^{b}
肝脏指数 Liver index	2.44±0.03^{b}	2.45±0.05^{b}	2.51±0.03^{a}	2.44±0.05^{b}	2.42±0.05^{b}
脾脏指数 Spleen index	0.07±0.01^{b}	0.08±0.00^{a}	0.08±0.01^{a}	0.08±0.00^{a}	0.07±0.01^{b}
肌胃指数 Gizzard index	2.84±0.12^{ab}	2.83±0.08^{ab}	2.94±0.13^{a}	2.84±0.11^{ab}	2.79±0.12^{b}
腺胃指数 Proventriculus index	0.28±0.02	0.28±0.03	0.28±0.03	0.26±0.02	0.27±0.01
十二指肠指数 Proventriculus index	0.29±0.03	0.31±0.02	0.29±0.02	0.30±0.03	0.30±0.03
空肠指数 Jejunum index	0.59±0.04^{c}	0.65±0.04^{ab}	0.66±0.04^{a}	0.59±0.03^{c}	0.61±0.04^{bc}
回肠指数 Ileum index	0.50±0.04^{b}	0.54±0.03^{ab}	0.58±0.05^{a}	0.57±0.06^{a}	0.58±0.05^{a}
盲肠指数 Cecum index	0.12±0.00^{b}	0.14±0.01^{ab}	0.14±0.01^{a}	0.13±0.02^{ab}	0.13±0.02^{ab}

2.4　不同水平壳聚糖对 70 日龄鹅血清生化指标的影响

由表 7 可见，饲粮添加不同水平的壳聚糖对鹅血清生化指标有一定的影响。II、III组血清 GLB 含量显著高于 I 组(P<0.05)。II、III、IV、V 组血清 GLU 含量显著高于 I 组(P<0.05)。I 组血清 TG 含量显著高于 II、III、IV、V 组（P<0.05）。I 组血清 TC 含量显著高于 II、III、IV组（P<0.05）。I、II、III组血清 UA 含量显著低于IV、V 组（P<0.05）。I、II、III、IV组血清 AST 活性显著低于 V 组（P<0.05）。II、III组血清 ALP 活性显著低于 I、IV组（P<0.05）。

与对照组相比，饲粮中添加适量壳聚糖可提高血清 GLB、GLU 含量，降低血清 TC、TG 含量，以 500 mg/kg 添加效果最显著；与添加 250、500 mg/kg 壳聚糖相比，添加 1 000、2 000 mg/kg 壳聚糖导致仔鹅血清 UA 含量及 AST、ALP 活性增加。

表 7　不同水平壳聚糖对 70 日龄鹅血清生化指标的影响

Table 7　Effects of different levels of chitosanon serum biochemical parameters of geese at 70 days of age

项目 Items	组别 Groups				
	I	II	III	IV	V
总蛋白 TP/(g/L)	48.95±3.71	48.28±4.48	49.07±2.43	48.72±2.98	46.68±2.69
球蛋白 GLB/(g/L)	30.78±2.00^{b}	32.73±1.03^{a}	32.85±1.08^{a}	32.10±1.49^{ab}	32.52±1.59^{ab}
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	8.68±0.82^{b}	11.27±0.73^{a}	11.34±0.95^{a}	10.78±0.64^{a}	10.86±0.87^{a}
甘油三酯 TG/(mmol/L)	1.26±0.13^{a}	0.88±0.09^{b}	0.68±0.11^{b}	0.59±0.10^{b}	0.75±0.10^{b}
总胆固醇 TC/(mmol/L)	3.63±0.28^{a}	3.29±0.17^{b}	3.14±0.20^{b}	3.32±0.22^{b}	3.42±0.25^{ab}
尿酸 UA/(mg/L)	340.17±3.00^{c}	338.33±2.58^{c}	337.33±3.88^{c}	350.67±3.56^{b}	358.67±5.79^{a}
尿素氮 UN/(mmol/L)	0.32±0.10	0.33±0.08	0.38±0.08	0.37±0.08	0.38±0.08
谷草转氨酶 AST/(U/L)	33.67±0.52^{b}	32.67±0.82^{b}	33.17±1.17^{b}	33.83±1.47^{b}	38.67±0.82^{a}
碱性磷酸酶 ALP/(U/L)	939.17±2.68^{a}	827.33±2.80^{c}	829.83±5.60^{c}	837.67±3.08^{b}	832.00±2.83^{bc}

3　讨　论

3.1　不同水平壳聚糖对 14～70 日龄鹅生长性能的影响

目前，关于壳聚糖促进动物生长的机制尚不明确，也未见系统的研究报道。综合前人的研究结果认为，壳聚糖促生长的机理主要体现在以下几方面：在壳聚糖复杂的空间结构中含有高活性的功能基团，表现出类似抗生素的特性，可促进肠道内有益菌生长速度，同时抑制体内其他微生物生长，而表现出更高的杀菌活性[8-9]；有效增强巨噬细胞的吞噬功能和水解酶活性，刺激巨噬细胞产生淋巴因子，增强免疫功能[10-11]；减缓应激反应；促进胃肠道蠕动，增强胃蛋白酶活性，提高饲粮中蛋白质消化率，同时促进小肠微绒毛高度增加，密度加大，使小肠吸收面积扩大，有利于营养物质的吸收，进而达到促生长的作用。刘梅等[12]研究发现，在饲粮中添加 50、100、150 mg/kg 壳聚糖可显著提高肉仔鸡 ADG，以添加 100 mg/kg 壳聚糖效果最好。张克胜等[13]研究发现，饲喂添加 200 g/t 壳聚糖可促进肉仔鸡的生长和饲料转化率，添加壳聚糖的试验组 ADG 显著高于对照组。朱立贤等[14]在 1～2 周龄肉仔鸡饲粮中添加低剂量壳聚糖（0、200、600、1 000 mg/kg），试验结果表明，在此范围内，随着壳聚糖添加量增加，肉仔鸡生产性能呈上升趋势。吴秋小等[15]在 1～3 周龄肉仔鸡上的试验也得出同样结论，壳聚糖添加剂量为 0.2%时可显著提高肉仔鸡生长速度，降低 F/G；但当壳聚糖添加剂量增加至 0.5%时则表现为抑制作用。Zhang 等[16]研究发现，饲喂添加 0.01%～0.05%壳聚糖的饲粮对仔猪 ADG、ADFI、F/G 均有显著影响，壳聚糖添加水平为 0.05%试验组 ADG、ADFI 显著高于对照组和其他试验组。肖定福等[17]研究发现，饲粮中添加 200、300、400 mg/kg 壳聚糖可显著提高仔猪 ADFI，降低 F/G，在此范围内，随壳聚糖添加剂量的增加对生长性能的作用效果逐渐增强。

本试验研究结果与上述结论有一定相似之处，饲粮中添加 500 mg/kg 壳聚糖显著提高鹅 ADG、ADFI，降低 F/G；但添加 2 000 mg/kg 壳聚糖显著降低 ADFI 和 ADG，提高 F/G。原因可能是壳聚糖作为唯一一种碱性多糖，对动物生产性能的影响存在着一定的剂量关系，剂量较小时（250、500 mg/kg）壳聚糖在动物胃肠道发挥与纤维相似的特性，对营养物质的消化代谢及动物的消化系统产生影响，表现为促生长作用；但剂量较大时（2 000 mg/kg）饲粮中的多糖能够结合大量水分增加消化道食糜的黏稠度，影响营养物质的消化吸收不能促进动物生长，甚至抑制生长，从而降低鹅生长性能。

3.2　不同水平壳聚糖对 70 日龄鹅屠宰性能的影响

壳聚糖具有降低动物体脂功能，且不被胃酸溶解，与饲粮中脂肪形成壳聚糖-脂肪复合物，进入小肠后形成胶体，吸附脂肪随粪便排出体外，降低了机体对脂肪的吸收[18]。夏党荣等[19]研究发现，饲粮中添加 100、200、300 和 400 g/t 壳聚糖对天山雪鹅的屠宰性能无显著影响。黄晓亮等[20]研究发现，饲粮中添加 0.2%的壳聚糖对贵妃鸡屠宰率、半净膛率、全净膛率、胸肌率、腿肌率等均无显著影响。本试验研究结果表明，饲粮中添加 250、500、1 000 和 2 000 mg/kg 壳聚糖对鹅屠宰率、半净膛率、全净膛率、胸肌率、腿肌率等均无显著影响，这与上述结论一致。

Cahaner 等[21]研究发现，腹脂和胴体呈中等程度以上的表型相关和遗传相关，腹脂沉积的多少可以在一定程度上反映体内动态。脂肪经胆酸乳化后被消化吸收，而带正电荷碱性氨基的壳聚糖可与胆酸络合，致使脂肪不能被机体吸收而排出体外，从而降低机体脂肪的沉积[22]。夏党荣等[19]研究发现，在天山雪鹅饲粮中添加 100、200、300 和 400 g/t 壳聚糖均可不同程度降低屠体脂肪含量，以 300 g/t 添加水平效果最佳。柯叶艳等[23]研究发现，壳聚糖可降低肉用鹌鹑腹脂率并减少体脂沉积。本试验研究结果表明，饲粮中添加不同水平（250、500、1 000、2 000 mg/kg）壳聚糖均可显著降低腹脂率，本试验研究结果与以上结论一致。

3.3　不同水平壳聚糖对 70 日龄鹅脏器指数的影响

内脏器官的生长发育保证营养物质在肌肉骨骼等器官中的有效沉积，直接影响鹅对营养物质的消化、吸收。内脏器官的生长发育状况常以脏器指数来表示，而脏器指数是指器官重量与活体重量之比，可有效反映动物所处的生长发育阶段和生理功能状况，主要受品种和营养等因素的影响[24]。

本试验研究发现，饲粮中添加一定量壳聚糖可提高鹅脏器指数，且随着饲粮中壳聚糖添加水平增加，心脏、肝脏、脾脏、肌胃指数均有不同程度的下降。这说明壳聚糖水平在 250～1 000 mg/kg 内能够促进鹅内脏器官发育，增加内脏器官与体重的比值。在饲养过程中发现，添加量为 500 mg/kg 试验组的鹅粪便排泄量较其他组少，且粪便黏稠度较低，原因可能是壳

聚糖增加食糜流通速度，降低鹅肠道食糜黏稠度，进而提高了肠道对营养物质的吸收速率，此过程壳聚糖对肠道微生物的种类和数量有一定的影响，而微生物影响肠道的生长发育，具体原因有待进一步研究。

3.4　不同水平壳聚糖对 70 日龄鹅血清生化指标的影响

血清中 TC、TG 是反映动物机体脂类代谢功能正常与否的 2 个重要指标。壳聚糖在酸性环境中游离出氨离子（NH^{3+}），带正电荷的壳聚糖与带负电荷的胆汁酸结合排出体外，导致胆囊排空，而胆囊中必须储备一定量胆汁酸，促使血浆或肝脏中胆固醇被转化为胆汁酸，重吸收时减少了进入肝脏的胆汁酸，从而降低血浆或肝脏中胆固醇浓度；当壳聚糖与胆汁酸结合排出体外，脂肪因不能被乳化而影响肠道对其吸收，从而会降低血清 TG 含量[25]。本试验研究结果表明，饲粮中添加适量壳聚糖（250、500、1 000、2 000 mg/kg）可显著降低血清中 TG、TC 含量。

动物血清中 TP、GLB 含量在某种程度上反映机体对蛋白质的吸收和分解的状况[26]，可代表动物体对蛋白质的消化利用程度和机体自身免疫状态[27-28]。血清中 GLU 是动物代谢（脂肪组织、大脑神经系统、肌肉等）所需的唯一能源；是合成脂肪代谢所必须的还原性辅酶（NADPH）以及合成乳糖和乳脂的前提物；是动物体内不可缺少的营养物质[29]。史挺等[30]研究发现，在肉仔鸡饲粮中添加 100 mg/kg 壳聚糖可显著提高血清 TP 含量，同时血清 UA 含量显著降低。本试验结果表明，壳聚糖能够显著提高血清 TP 含量，说明壳聚糖对蛋白质沉积和合成具有一定的促进作用，与上述研究结果一致。血清 UN 和 UA 含量与家禽蛋白质代谢利用率呈负相关，其含量高低可反映机体蛋白质分解程度的强弱和肾脏功能的健康程度。本试验中添加 500 mg/kg 壳聚糖的试验组显著降低血清 UA 含量，说明添加一定量壳聚糖可以改善鹅体内的蛋白质代谢和氨基酸平衡，加强动物体对营养物质的吸收，提高饲料利用率，这与本试验中壳聚糖能够提高血清 TP、GLB 含量的结果相吻合。

AST、ALP 主要存在于肝细胞中，其活性变化是反映肝和心脏细胞是否受损的重要指标。正常情况下，血清 AST、ALP 活性相对稳定，当组织发生病变、坏死时，细胞内酶进入血液，进而使血清中 AST、ALP 活性偏高[31-32]。本试验结果表明，与对照组相比，添加壳聚糖的试验组血清 ALP 活性有下降趋势，添加 2 000 mg/kg 壳聚糖的试验组血清 AST 活性高于其他组，由此可以说明壳聚糖添加水平在 250～1 000 mg/kg 时对鹅肝脏和心脏无损害，这为壳聚糖在生产中的应用提供依据。

4　结　论

① 饲粮添加 500 mg/kg 壳聚糖对鹅生长性能影响显著，且增加 42、56、70 日龄体重，提高饲料利用率及经济效益。

② 饲粮添加 500 mg/kg 壳聚糖对 70 日龄鹅脏器指数影响显著，添加适量壳聚糖（250、500、1 000、2 000 mg/kg）显著降低 70 日龄鹅腹脂率。

③ 饲粮添加 500 mg/kg 壳聚糖显著升高血清 GLB 含量，添加适量壳聚糖（250、500、1 000、2 000 mg/kg）显著升高血清 GLU 含量，且显著降低血清 TG、TC 含量及 ALP 活性。

参考文献：

[1] 王润莲,贾志海,朱晓萍.甲壳素和壳聚糖营养研究进展[J].动物营养学报,2006,18(4):299–302.

[2] 宫爱艳,王彦刚,林桂敏,等.壳聚糖在家禽养殖中的应用[J].中国家禽,2006,28(15):42–44.

[3] TARASEWICZ Z,BALICKA-RAMISZ A,SZCZERBIŃSKA D,et al.Effects of chitosan on selected production characteristics and hatching success of the pharaoh quail[J].Electronic Journal of Polish Agricultural Universities,Animal Husbandry,2003,6(2):136–139.

[4] 王秀武,郭无瑕,栗衍华,等.海洋壳寡糖对仔猪生产性能及器官、肌组织和血清中矿物元素含量的影响[J].中国畜牧杂志,2008,44(5):40–42.

[5] 施寿荣.5~10 周龄扬州鹅能量和蛋白质需要量的研究[D].硕士学位论文.扬州:扬州大学,2007.

[6] 张亚俊.纤维水平对仔鹅生产性能、消化道发育及养分利用的影响[D].硕士学位论文.扬州:扬州大学,2008.

[7] 中华人民共和国农业部.家禽生产性能名词术语和度量统计方法[J].中国禽业导刊,2006(15):45–46.

[8] QI L F,XU Z R,JIANG X,et al.Preparation and antibacterial activity of chitosan nanoparticles[J].Carbohydrate Research,2004,339(16):2693–2700.

[9] 侯晓亮,葛艳琳.壳聚糖在动物生产中的研究进展[J].饲料博览,2011(6):41–43.

[10] CHO Y S,LEE S H,KIM S K,et al.Aminoethyl-chitosan inhibits LPS-induced inflammatory mediators,iNOS and COX-2 expression in RAW264.7 mouse macrophages[J].Process Biochemistry,2011,46(2):465–470.

[11] 江霞,徐铭.壳聚糖对动物免疫功能的影响及其机理的研究进展[J].上海畜牧兽医通讯,2011(1):7–9.

[12] 刘梅.壳聚糖对肉仔鸡生长性能和免疫器官指数的影响[J].枣庄学院学报,2010,27(2):117–120.

[13] 张克胜,管其红,吴海泉,等.壳聚糖对肉鸡生长发育的影响[J].安徽农业科

学,2005,33(5):856,868.

[14] 朱立贤,宋志刚,林海,等.壳聚糖对肉仔鸡生长与免疫功能的影响研究[J].中国饲料,2003(4):15–17.

[15] 吴秋小,黄冠庆,潘俊福,等.壳聚糖对 0～3 周龄三黄肉仔鸡生产性能和免疫力影响的初探[J].饲料工业,2007,28(2):46–48.

[16] ZHANG C F,SHI B L,JIN X,et al.Effects of dietary supplementation of chitosan on growth performance and serum IGF-Ⅰ and GH in piglets[J].Chinese Journal of Animal Nutrition,2008,20(2):191–195.

[17] 肖定福,唐志如,印遇龙,等.壳聚糖对大肠杆菌攻毒仔猪生长性能和免疫力的影响[J].动物营养学报,2011,23(10):1783–1789.

[18] 袁悦,董双双,冯文佩,等.壳聚糖在饲料工业中的应用研究进展[J].湖南饲料,2016(5):43–45.

[19] 夏党荣,赵洁.壳聚糖对天山雪鹅屠宰性能及肉品质的影响[J].中国饲料,2010(17):22–24.

[20] 黄晓亮,常斌,杜柄旺,等.壳聚糖在贵妃鸡日粮中的应用效果研究[J].中国饲料,2008(7):18–20.

[21] CAHANER A,NITSAN Z.Evaluation of simultaneous selection for live body weight and against abdominal fat in broilers[J].Poultry Science,1985,64(7):1257–1263.

[22] GALLAHER C M,MUNION J,HESSLINK R,Jr,et al.Cholesterol reduction by glucomannan and chitosan is mediated by changes in cholesterol absorption and bile acid and fat excretion in rats[J].The Journal of Nutrition,2000,130(11):2753–2759.

[23] 柯叶艳,陈杰,韩正康,等.壳聚糖对肉用鹌鹑生产性能、脂肪代谢、免疫及内分泌机能的影响[J].动物营养学报,2001,13(4):49.

[24] 何大乾,孙国荣,沈洪民,等.肉鹅消化器官生长发育规律初探[J].上海农业学报,2005,21(3):59–63.

[25] 黎秋平,王润莲,张锐,等.壳聚糖的降脂作用及其机理研究进展[J].家禽科学,2013(9):45–49.

[26] 宋荣渊,王洪荣,王欢莉,等.不同能氮同步化释放日粮对泌乳奶牛生产性能和血液生化指标的影响[J].饲料工业,2010,31(23):38–40.

[27] 左之才,邓俊良,王哲,等.产前不同营养水平对围产期健康奶牛血清总胆红素、蛋白及转氨酶的影响[J].中国奶牛,2007,(3):5–9.

[28] 康波,杨焕民,刘胜军,等.东北白鹅和籽鹅血液生化指标[J].中国兽医学报,2006,26(6):649–652.

[29] 李晓丽,董淑丽,何万领,等.果寡糖对不同生长阶段固始鸡血液生化指标的影响[J].中国粮油学报,2010,25(4):43–45,55.

[30] 刘梅,史挺.壳聚糖对肉仔鸡生长性能及血清生化指标的影响[J].粮食与饲料工业,2009(10):41–42.

[31] 魏尊.海藻粉对蛋鸡生产性能、蛋品质及血液理化指标的影响[D].硕士学位论文.保定:河北农业大学,2006.

[32] 段铭,高宏伟,梁鸿雁.吡啶羧酸铬对肉仔鸡血清生化指标及肝脏中相关酶基因表达的影响[J].畜牧兽医学报,2003,34(4):336–339.

Effects of Chitosan on Growth Performance, Slaughter Performance, Viscera Indices and Serum Biochemical Parameters of Geese during 14 to 70 Days of Age

ZHAO Yue SHENG Dongfeng YANG Haiming XU Lei LI Yanpin WANG Zhiyue*

(*College of Animal Science and Technology*, *Yangzhou University*, *Yangzhou* 225009, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of dietary different chitosan supplemental levels on growth performance, slaughter performance, viscera indices and serum biochemical parameters of geese during 14 to 70 days of age, and to explore the dietary optimal chitosan supplemental level for geese. Three hundred and sixty 14-day-old healthy male *Yangzhou* geese with similar body weight were randomly divided into 5 groups with 6 replicates per group and 12 geese per replicate. Geese in the control group were fed a basal diet, and the other geese in the experimental groups were fed experimental diets supplemented with 250, 500, 1 000 and 2 000 mg/kg chitosan, respectively. The experiment lasted for 56 days. The results showed as follows: compared with the control group, 1) dietary supplemented with 500 mg/kg chitosan significantly increased the body weight of geese at 42, 56 and 70 days of age, average daily feed intake and average daily gain at 14 to 70 days of age (P<0.05), but significantly decreased the ratio of feed to gain of geese at 14 to 70 days of age (P<0.05). 2) Dietary supplemented with 250, 500, 1 000 and 2 000 mg/kg chitosan significantly decreased the percentage of abdominal fat of geese (P<0.05). 3) Dietary supplemented with 500 mg/kg chitosan significantly increased the heart index, liver index, spleen index, jejunum index, ileum index, cecum index of geese (P<0.05). 4) Dietary supplemented with 500 mg/kg chitosan significantly increased serum globulin and glucose contents of geese (P<0.05), significantly decreased serum alkaline phosphatase activity (P<0.05). Dietary supplemented with 250, 500 and 1 000 mg/kg chitosan significantly decreased serum triglycerides and total cholesterol contents (P<0.05). It is concluded that diet supplemented with chitosan can improve the growth performance of geese. They also have a certain influence on slaughter performance, viscera indices and serum biochemical parameters. Thus the effect of dietary supplemented with 500 mg/kg chitosan is better in the production practice of geese.

Key words: chitosan; geese; growth performance; slaughter performance; viscera indices; serum biochemical parameters

*Corresponding author, professor, E-mail: dkwzy@263.net (责任编辑　武海龙)